

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 8 - 2 3 7 4 7 6

(43) 公開日 平成 8 年 (1996) 9 月 1 3 日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H04N 1/40			H04N 1/40	101 2
1/19			1/04	103 C

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平 7 - 2 9 7 0 6 4
 (22) 出願日 平成 7 年 (1995) 11 月 15 日
 (31) 優先権主張番号 3 4 3 3 9 0
 (32) 優先日 1994 年 11 月 22 日
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 5 9 0 0 0 0 7 9 8
 ゼロックス コーポレイション
 XEROX CORPORATION
 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 6
 4 4 ロチェスター ゼロックス スクエ
 ア (番地なし)
 (72) 発明者 ジョージ ウォルバーグ
 アメリカ合衆国 1 1 3 7 5 ニューヨ
 ク州 フォレスト ヒルズ セブンティ
 ファースト ロード 1 0 9 - 2 0 ア
 パートメント サード フロアー
 (74) 代理人 弁理士 中島 淳 (外 1 名)

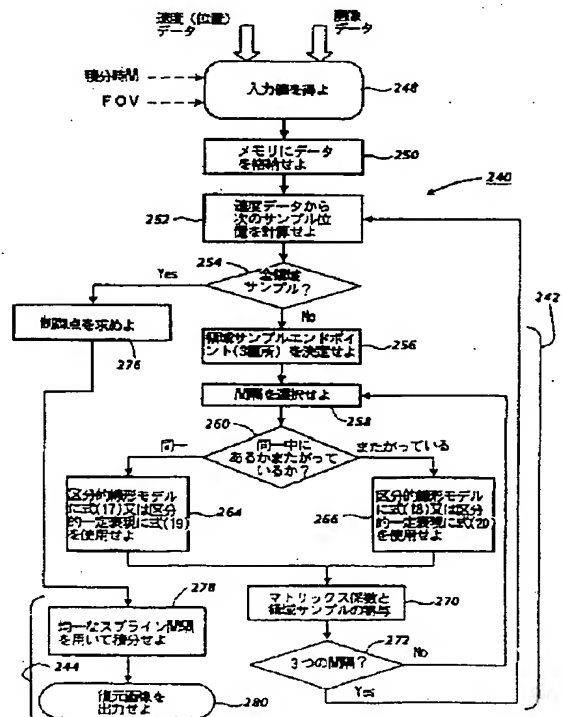
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 データ処理方法及びデジタル出力データ生成方法

(57) 【要約】

【課題】 「理想の」即ち均一なモーション条件下で動作するスキャナと一致する出力デジタル画像を生成する。

【解決手段】 機械的な振動の存在下で走査される画像を定義するデータを処理し、復元出力画像を生成するために画像プロセッサにおいて実行される方法であって；第 1 メモリ内に画像放射照度データを格納し、該データの各項が原稿の領域サンプルを表現し；第 2 メモリ内に該データと関連する速度データを格納し、該速度データが原稿に関して不均一な速度で移動する走査要素の相対的な瞬間速度を反映し；該放射照度及び速度データを用いて近似関数をモデル化し、時間の任意点において画像放射照度を表現し；公称走査速度と固定されたサンプリング時間期間の関数として制御点を識別し；該制御点を用いて近似関数を再サンプリングし、原稿の領域毎に復元される放射照度レベルを決定すること；を含む。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 機械的な振動の存在下で走査される画像を定義するデータを処理し、復元出力画像を生成するために画像プロセッサにおいて実行される方法であって、第 1 メモリ内に画像放射照度データを格納し、第 1 メモリ内に格納された放射照度データの各項が原稿の領域のサンプルを表現するステップと、

第 2 メモリ内に該画像放射照度データと関連する速度データを格納し、該速度データが原稿に関して不均一な速度で移動する走査要素の相対的な瞬間速度を反映するステップと、

該画像放射照度データと速度データを用いて、近似関数をモデル化し、時間の任意点において画像放射照度を表現するステップと、

公称走査速度と固定されたサンプリング時間周期の関数として制御点を識別するステップと、

該制御点を用いて近似関数を再サンプリングし、原稿の領域毎に復元放射照度レベルを決定するステップと、を含むデータ処理方法。

【請求項 2】 画像入力装置内の機械的な振動によって生じるアーチファクトが実質的に存在しない元の画像を定義するデジタル出力データを生成するために画像入力デバイスにおいて実行される方法であって、画像データを獲得し、該画像データを第 1 メモリに格納するステップと、

同時に、位置データを獲得して画像データと関連する瞬間速度データを生成し、該瞬間速度データを第 2 メモリに格納するステップと、

該瞬間速度データと該画像データを用いて、元の画像の放射照度分布の基本モデルを再構成するステップと、理想の走査条件下で基本モデルを再サンプリングして、機械的な振動により生じるアーチファクトが実質的に存在しない元の画像を定義するデジタル出力データを生成するステップと、

を含むデジタル出力データ生成方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】本発明は、機械的な振動の存在下で走査されるデジタル画像を復元するための方法に関し、更に詳細には機械的な振動から得られた歪みを反転し、機械的な振動のない均一なモーション条件下で動作するスキャナによる出力と同じようにデジタル出力を生成することに関する。

【 0 0 0 2 】

【従来技術及び発明が解決しようとする課題】本発明は、デジタルコンピュータのようなデータ又は画像処理システムにおいて動作し、機械的な振動の存在下で走査された画像を復元するので、画像の品質を向上させる。機械的な振動の存在下で走査される画像は、輝度の変動 (brightness fluctuation) や幾何歪み (geometric warpi

ng) のようなアーチファクト (artifacts、生成物) を受けやすい。

【 0 0 0 3 】ドキュメント (原稿、文書) スキャナの一つの実施の形態では、線形センサアレイ (LSA) は、典型的にはプラテン上に配されたドキュメントの下を、理想的には均一な速度で通過する。露光領域を走査すると、LSA 内の単一の光センサの出力はセンサにより受け取られた積分放射照度に比例する。センサアレイの振動性モーション (動き) が認められる時、露光領域の実サイズは時間的に変化 (time-varying) する。これが、輝度の変動や幾何学的なひずみのようなアーチファクトを導く。

【 0 0 0 4 】モーションがアナログ画像形成システムの解像度に及ぼす影響は研究されてきた。特に扱われる問題は、感光性画像形成媒体の積分時間中にモーションによって生じる画像のぼけの特徴付けに関する。典型的なケースでは、該ぼけは、一般的に画像全体にあり、線形又は振動性モーションによって生じ得る。ぼけは一定である。その理由は、従来の写真用カメラ又はフラッシュ露光ゼログラフィックシステムと同様に、アナログ画像形成システムは一般的に一回に画像の全空間範囲を獲得するからである。本発明は、各ラインが光感知アレイの異なる任意速度により得られ得るラスタースキャンライン方法でデジタル化される画像に関するという点でワーク (作業) の本体とは異なる。

【 0 0 0 5 】画像形成デバイスにおける望ましくないメカニカルモーションを修正又は補償する方法を開示する多数の特許や出版物がある。それらには例えば、米国特許第 5, 153, 644 号 (1992 年 10 月 6 日発行、ヤング (Yang) 等) ; 米国特許第 4, 628, 368 号 (1986 年 9 月 9 日発行、クラタ (Kurata) 等) ; ゼロックス社の公開ジャーナル (Xerox Disclosure Journal) (15 巻、No. 1、1990 年 1 月 / 2 月、31 頁) の「デジタルプリンタにおける振動感度を減少するための冗長ラスタリング (Redundant Rastering for Decreased Vibration Sensivity in Degital Printers)」 ; ゼロックス社の公開ジャーナル (18 巻、No. 1、1993 年 1 月 / 2 月、7 ~ 9 頁) の「画像スキャナ用モジュラードライバ (Modular Driver For Image Scanners)」等がある。

【 0 0 0 6 】何人かの著者達は、スリット走査フォトコピー機やデジタルプリンタの不均一な受光体 (例えば、感光体) モーション及び他のノイズソースの影響について考察してきた。それらには、画像形成サイエンスジャーナル (Journal of Imaging Science) (1988 年 11 月 / 12 月、238 ~ 247 頁、32 (6)、アールロース (R. Loce) 及びダブリュ ラマ (W. Lama) 著) の「フォトコピー機の露光ストローブ (Exposure Strobging in Photocopiers)」 ; 応用フォトグラフィック技術ジャーナル (Journal of Applied Photographic Engineeri

ng) [1976年、86~92頁、2、エフ ベステン
レイナ(F. Bestenreiner)、ユー ゲイス(U. Geis)、
ジェイ ヘルンベルガー(J. Helmberger)、及びケー
スタッドラー(K. Stadler)著]の「線毎に記録された画
像における周期的干渉構造のビジビリティ及び補正(V
isibility and Correction of Periodic Interference
Structures in Line-by-Line Recorded Images)」; 写
真科学・技術者協会第3回国際会議の議事録: ノンイン
パクトプリンタの最近の進歩(Proceedings of the SPSE
Third International Congress: Recent Advances in N
on-Impact Printing Technologies)の「レーザビーム
プリンタハーフトーン複製に対する受光体ドラムの回転
速度のばらつきの影響(Effect of Photoreceptor Drum
Rotational Speed Variation on Laser Beam Printer H
alftone Reproduction)」[1986年8月、サンフラン
シスコ、168~172頁、ケー タキグチ、ティー
ミヤギ、エー オカムラ、エイチ イショシ、及びエ
フ シバタ著]; 画像形成テクノロジージャーナル(Jou
rnal of Imaging Technology) [1989年15、4
6、ディー ハス(D. Haas) 著]の「走査線空間に於け
るばらつきによって生成されるハーフトーン画像のコン
トラスト変調(Contrast Modulation in Halftone Image
s Produced by Variation in Scan Line Spacing)」; 写
真科学・技術者協会第3回国際会議の議事録: ノンイン
パクトプリンタの最近の進歩の「ドットマトリックスプ
リンタに於けるピクセル配置エラーに起因するカラーエ
ラー(Color Error due to Pixel Placement Errors in
a Dot Matrix Printer)」[1986年8月、257~
260頁、エス ブルームバーグ(S. Bloomberg)及びビー
ー エンゲルドラム(P. Engeldrum) 著]; 及び画像形成
テクノロジージャーナル[1990年、6~11頁、1
6(1)アール ロース及びダブリュ ラマ著]の「ゼ
トルラフィック画像バープリンタにおける振動に起因す
るハーフトーンバンディング(Halftone Banding due to
Vibrations in a Xerographic Image Bar Printer)
」、がある。

【0007】本発明の目的は、「理想の」即ち均一なモ
ーション条件下で動作するスキャナと一致する出力デジ
タル画像を生成することである。本明細書に記載される
画像復元方法は、線形センサアレイと走査されるドキュ
メントとの間の相対的な瞬間速度を用いて、処理ベース
となる画像放射照度分布の区分的一定(piecewise const
ant)又は区分的線形モデルを再構成する。次に、その再
構成された画像は、理想の走査条件下での再サンプリング
(標本化)に適しており、復元出力デジタル画像を生
成する。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明に従って、機械的
な振動の存在下で走査される画像を定義するデータを処
理し、復元出力画像を生成するために画像プロセッサに

において実行される方法が提供され、該方法は: 第1メモ
リ内に画像放射照度データを格納し、第1メモリ内に格
納された放射照度データの各項が原稿(original docume
nt)の領域のサンプルを表現すること; 第2メモリ内に
該画像放射照度データと関連する速度データを格納し、
該速度データが原稿に関して不均一な速度で移動する走
査要素の相対的な瞬間速度を反映すること; 該画像放射
照度データと速度データを用いて、近似関数をモデル化
し、時間の任意点において画像放射照度を表現するこ
と; 公称走査速度と固定されたサンプリング時間周期の
関数として制御点を識別すること; 該制御点を用いて近
似関数を再サンプリングし、原稿の領域毎に復元放射照
度レベルを決定すること; と、を含む。

【0009】本発明の別の態様によれば、画像入力デバ
イス内の機械的な振動によって生じるアーチファクトが
実質的に存在しない元の画像を定義するデジタル出力デ
ータを生成するために画像入力デバイスにおいて実行さ
れる方法が提供され、該方法は: 画像データを獲得し、
該画像データを第1メモリに格納すること; 同時に、位
置データを獲得して画像データと関連する瞬間速度デー
タを生成し、該瞬間速度データを第2メモリに格納する
こと; 該瞬間速度データと該画像データを用いて、元の
画像の放射照度分布の基本モデルを再構成すること; 理
想の走査条件下で基本モデルを再サンプリングして、機
械的な振動により生じるアーチファクトが実質的に存在
しない、元の画像を定義するデジタル出力データを生成
すること; と、を含む。

【0010】本発明の態様は、従来の画像入力スキャナ
やこのようなデバイス中で用いられる電気機械的測定に
伴う問題の観察に基づき、振動の衝撃や他の不均一なモ
ーションを最小化する。この態様は、画像の放射レベル
とドキュメントに関する走査アレイのモーション分布に
関して得られたデータに基づいて出力画像を再構成する
ことによりこれらの問題を緩和する技法の発見に基づ
く。該技法は、例えば、原稿スキャナ、デジタルコピー
機、及びファクシミリマシンを含む画像入力端末装置に
より生成される情報を処理するのに適したデータ又は画
像処理装置によって実施され得る。

【0011】本明細書に記載される技法は有利である。
その理由は、デジタル原稿スキャナ内の振動を最小化す
るような他の機械的なアプローチと比較して安価である
からである。更に、該技法を用いて、不均一モーション
の条件下で生成された画像を再構成し、不均一性が画像
領域に記録される放射照度レベルに及ぼす影響を除去す
る。

【0012】

【発明の実施の形態】用語「データ」は、本明細書で
は、情報を示すか又は含み、特に画像の放射照度、位
置、及び速度情報を含む物理的な信号を指す。

【0013】「データ処理システム」は、データを処理

する物理的なシステムである。「画像処理システム」は、画像の特性を表現するデータを処理するために主に使用されるコンピュータワークステーションのようなデータ処理システムである。

【 0 0 1 4 】「画像」は、物理的な光のパターンである。画像は、文字、語、及びテキストと共に図形のような他の特徴もまた含み得る。画像は「セグメント（部分）」に分割することができ、その各々自体が画像である。2次元アレイの例は、相対モーションが線形センサアレイ（LSA）とドキュメントの間に加えられる時に、（LSA）によってドキュメントの表面から得られる画像放射照度データのアレイである。

【 0 0 1 5 】「ピクセル」は、画像が所与のシステム内で分割される最小セグメント又は領域である。データの各項目が「値(value)」を提供する画像を定義するアレイにおいて、領域のカラーを示す各値は「ピクセル値(pixel value)」を示す。各ピクセル値は、画像の「2値フォーム」ではビット、画像の「グレイスケールフォーム」ではグレイスケール値、又は画像の「カラー座標フォーム」では1組のカラー空間座標であり、2値フォーム、グレイスケールフォーム、カラー座標フォームはそれぞれ、画像を定義する2次元アレイである。

【 0 0 1 6 】「画像入力デバイス」は画像を受け取って、画像のバージョンを定義するデータ項目を提供することができるデバイスである。「スキャナ」は画像入力デバイスであり、ドキュメントを走査するか又はラスタ化することによる等のラスタ走査オペレーションによって画像を受け取る。

【 0 0 1 7 】「画像出力デバイス(IOT)」は、画像を定義するデータ項目を受け取り、出力として画像を提供できるデバイスである。「ディスプレイ」は、出力画像を人間が視覚できるフォーム(形態)で提供する画像出力デバイスである。「ディスプレイ画像」又は単に「画像」は、ディスプレイにより表示される目に見えるパターンである。

【 0 0 1 8 】本発明は、例示的な静止ドキュメント移動キャリッジ式スキャナ20が示される図1及び2に示されるようなデジタル走査の実施の形態を伴った特有の利用法を見いだす。本発明は、ドキュメントをデジタル化するために、原稿と線形センサアレイの間に相対動作を生じる、例えば、ドキュメントが固定された走査アレイに対して移動する移動ドキュメント式スキャナ(ファクシミリ機)、ページ幅の走査アレイを用いる移動式又は据え付け式ドキュメントスキャナ等を含む多数の同等の画像入力デバイスにおける使用法を見いだす。スキャナ20は画像処理システム30と接続され、プラテン52上のドキュメント(原稿、文書)50を走査することによって得られる放射照度レベルを表現する画像データ40のアレイを生成する。更にスキャナ20は、基部(ベース)56、側部(サイド)58、及び端部(エンド)

60があるハウジング54を含む。スキャナ20の上部64は、走査される最大ドキュメント50に適用するようにサイズ設定されたほぼ矩形の透明プラテン52を組み込む。ドキュメント50はプラテン52上に手作業か又は適切な自動ドキュメントハンドラ(図示せず)によって配され得る。

【 0 0 1 9 】走査キャリッジ68はハウジング54内で移動可能に支持され、プラテン52の下で1つ以上の長手方向に延出するレール70上を往復移動する。キャリッジ68と螺合される駆動スクリュー74の形をとったキャリッジ駆動手段が提供され、スクリュー74を時計回り方向か又は反時計回り方向に、正逆転可能キャリッジ駆動ステップモータ76によって回転させ、キャリッジ68を図1の矢印によって示される前進方向か又は逆方向のいずれかに移動させるように働く。

【 0 0 2 0 】電荷結合素子(CCD)のような線形感知アレイ78は、プラテン52との予め定められた動作関係で走査キャリッジ68に適切に取り付けられ、該プラテン上に載置されている原稿を走査する。図1にレンズ80及びミラー82により例示された適切な光学系手段は、プラテン52の幅を横切り、キャリッジ68の移動方向(走査方向)に直交するように延出する線状領域に、アレイ78の焦点を合わせるように提供される。ランプ84は、アレイ78が焦点をあわせる線状領域を照射するように提供される。単一の走査アレイ78を示し、それについて説明するが、複数セグメント(CCDs)を当接したり組み合わせてより大きなアレイを形成できる。

【 0 0 2 1 】図1及び図2を参照すると、スキャナ20は通信回線86を介して、図2に画像ワーク処理ステーション30として示されるローカル又は遠隔画像処理システムと結合するように用いられる。ワークステーション30は、データプロセッサと、それに関連して、スキャナ20内に組み込まれるメモリとを含んでもよいし、又は該ステーションは図示されたパーソナルコンピュータのような独立型システムとすることもできる。更に、スキャナ20は、スキャナ20の画像信号をデジタルフォーマットへ変換後、ワークステーション30へ出力する前に一時的に格納する比較的小さなメモリバッファ90を含む。

【 0 0 2 2 】ここではエンコーダ94の形をとって示される適切なキャリッジ位置又は速度センサが提供される。エンコーダ94は駆動スクリュー74の回転を感知するようにモータ76の反対側又は後側に取り付けられ、スクリュー74が回転すると、レール70に沿った走査キャリッジ68の移動を表す連続クロックパルスを生成する。エンコーダ94により出力される各クロックパルス又はクロックパルスのブロックが、キャリッジ68の移動及びその上に支持されるLSAとに一走査線小部分(fractional portion)と等しい距離で対応するよう

に、エンコーダ 9 4 のクロックパルス出力は設定される。プラテン 5 2 上のドキュメントに対して走査キャリッジ 6 8 の変位を感知するための他の構成も考えられ得る。例えば、エンコーダ 9 4 は、示差エンコーダ(differential encoder)とすることができ、どんな時にも走査キャリッジの瞬間速度を示す信号を生成できる。

【0023】適切な、マイクロプロセッサベースのコントローラ 9 6 は、画像処理ワークステーション 3 0 による画像データに対する要求に応答するように原稿 5 0 を走査する時に、スキャナ 2 0 の構成要素部分のオペレーションを制御して同期するために提供される。コントローラ 9 6 は制御信号をライン 1 0 4 から受け取り、それをライン 1 0 6 へ送る。適切なモータコントローラ 9 8 が提供され、コントローラ 9 6 からの制御信号に応答してキャリッジ駆動モータ 7 6 の始動、停止、方向、及び速度を制御する。コントローラ 9 6 はまた L S A 7 8 の集積(積分)、転送と出力及び走査ランプ 8 4 の点灯を制御する。

【0024】画像データの出力は、データライン 1 0 2 を介して得られ、該データラインは、各々がドキュメント 5 0 の領域(エリア又はリージョン)を表現する個々の画像ピクセルの強度信号(intensity signal)を、ワークステーション 3 0 に並列に送る。各ラスタ又は走査線と関係する位置/速度情報もまたワークステーション 3 0 へ送られる。ここで、該情報は先に記載したようにエンコーダ 9 4 からの信号に応答するようにマイクロコントローラ 9 6 によって累積(集積)され、ワークステーション 3 0 へデータライン 1 0 5 を介して送られる。次に画像処理ワークステーション 3 0 はスキャナにより出

力される画像及びモーションデータに対して動作し、それらをワークステーション内に格納し、図 3 のフローチャートに従って、復元画像 4 0 を生成する。

【0025】図 3 を参照すると、3つの主要な動作ステージ、即ちデータ獲得、データ処理、及び出力、は画像処理ワークステーションにより行われる。データ獲得ステージでは、スキャナ 2 0 によって生成された画像データは、メモリで受け取られてそこに格納される(ブロック 1 2 0)。同様に、画像データと同時にスキャナによって獲得された位置情報もまたメモリで受け取られてそこに格納され(ブロック 1 2 2)、画像処理システムで使用される。画像データの少なくとも開始部分が一度獲得されると、画像復元工程を行うことによりデータ処理ステージを開始(ブロック 1 2 4)し、出力として補正又は復元画像 4 0 を生成する。

【0026】先ず、入力走査を時間領域(domain)におけるサンプリング、次いで均一及び不均一な速度に対する空間領域に関して記載する。

【0027】時間領域におけるサンプリング

図 4 を参照して、L S A 中の単一光センサの出力について考察すると、 $H(x)$ を画像放射照度分布とし、 $S(x-X(t))$ を時間 t で $X(t)$ に位置される静的な光センサ感度分布(プロファイル)とする。

【0028】光センサによって生成されるある瞬間の電荷 $C(X(t))$ は、空間に関して積分された、放射照度分布と光センサ感度分布との積により得られる。

【0029】

【数 1】

$$C(X(t)) = \int_{-\infty}^{\infty} H(x) S(x-X(t)) dx \quad (1)$$

【0030】この相互相関積分を畳み込みとして下記式(2)のように表すことができる。

【0031】

【数 2】

$$C(X(t)) = H(X(T)) * S(-X(t)) \quad (2)$$

【0032】デジタル化は、時間の周期 T_s に対する

瞬間の電荷を積分即ち累積して、次にそれを時間間隔 T_s でサンプリングすることによって行われる。ここで、 $T_s \leq T$ である。 n 番目のサンプルは、下記式(3)により得られる。

【0033】

【数 3】

$$F(n) = \int_{nT_s}^{nT_s + T_{acc}} C(X(t)) dt = \int_{nT_s}^{nT_s + T_{acc}} H(X(T)) * S(-X(t)) dt \quad (3)$$

【0034】式(3)の積分を、矩形関数(rect function)との畳み込みと置き換えて、下記式(4)を得ることができる。

【0035】

【数 4】

$$F(t) = \sum_n \delta(t - nT_s) \cdot (H(X(t)) * K(t)) \quad (4)$$

ここで

$$K(t) = \text{rect}(t/T_{acc}) * S(-X(t)), \text{ and} \quad (5)$$

$$\text{rect}(t) = \begin{cases} 1 & -0.5 < t \leq 0.5 \\ 0 & \text{その他の場合} \end{cases} \quad (6)$$

【0036】矩形における一定オフセット、即ち $T_{acc}/2$ は、表示の便宜上削除されたことがわかる。更に、累積された電荷を周期 T_s でサンプリングすることにより、ディラックデルタ(δ)関数のアレイにより、サンプルの集合(コレクション)を時間関数として記すことができる。

【0037】累積された電荷は、画像放射照度 H の核(カーネル; kernel) K との畳込みとなり、該核 K は、感度関数 S と累積時間 T_{acc} 中に生じたモーションぼけとを結合する。 S を静的な積分アパーチャ(static integration aperture)と称し、 K を動的な積分アパーチャと称する。その理由は、モーションぼけを考慮するからである。 S の形が矩形であり、累積時間中のLSAとドキュメントとの間に均一な相対速度が存在する場合、 K は梯形の形をとる。不均一な速度が与えられると、梯形に歪みが生じる。

【0038】スキャナ20(図1)のサンプリングエレクトロニクスは、等しい時間間隔にわたって画像放射照

度をデジタル化する。従って、上記に見られたように時間関数としてサンプルの集合を記すことは分かりやすい。一方、興味ぶかいことは、振動モーションがデジタル化された画像に及ぼす影響である。画像の欠点を分析する目的のために、空間座標 x に関して F を計算し直すことにより、振動の影響を最もよく理解することができる。

【0039】LSAとドキュメントの間の相対速度が定数(一定)値 V である場合、位置関数 $X(t)$ は、下記式(7)となる。

$$X(t) = V \cdot t \quad (7)$$

【0041】相対速度が不均一である場合、偏差は(周期的に)振動しがちであるので、該速度はフーリエ級数として表され、下記式(8)の位置関数を得ることができる。

$$[0042]$$

[数5]

$$X_{vib}(t) = \int_0^t V(t') dt' = V_0(t) + \sum_i \frac{A_i}{2\pi f_i} (\cos(\phi_i) - \cos(2\pi f_i t + \phi_i)) \quad (8)$$

【0043】速度の振幅は、典型的には公称速度 V_0 の1%未満である。次に、振動の存在下で取られるサンプルは、振動位置関数 $X_{vib}(t)$ を式(3)に置換することによって表現され得る。次に、この結果を空間座標において計算し直し、テイラー級数近似(Taylor series

approximation)を用いて、 t から独立して表現される結果に到達する。

$$[0044]$$

[数6]

$$F_{vib}(n) = \int C(X) \left(V_0^{-1} - V_0^{-2} \sum_i A_i \sin(2\pi \beta_i X + \phi_i) \right) dX. \quad (9)$$

【0045】ここで、上側と下側の積分限界(integration limits)は光センサ積分が生じる線形スパンの両端を表す。従って、不均一な速度は2通りの方法で電荷累積積分に影響を及ぼすことがわかる。即ち、積分限界が変更され、シノソイド(正弦波)の低振幅の和である第2

項(term)が現れる。これらの2つのそれぞれの影響は、振動による画像信号のFM及びAM変調として考えられ得る。シノソイドの和は、変化する積分限界を補償する働きをするために、それら変調はきつく結合される。積分限界は信号が時間よりも空間において積分されるとい

う理由のみから変化する。これらの影響の役割は、振動の存在下で一定強度(constant intensity)のリージョン(領域)を画像形成する時にフラットフィールド(flat field)応答を維持する際のそれらの影響を考慮することにより最良に認識され得る。

【0046】スキャナ(IIT)例

フォトサイトの「性質」を概略的に特徴付けたので、不均一な相対モーションの問題は、図1と2のスキャナの動作パラメータに関して記載されることになる。例えば、400ドット/インチ(dpi)スキャナでは、LSAは約2.5インチ/秒又は63.5 $\mu\text{m}/\text{msec}$ で原稿の上を通過する。次のように仮定する。

(1) アレイ上の各光センサは、ほぼ5 μm の幅であり、0.11023の倍率の場合、走査方向に約63.5 μm の静的な視野を有する。

(2) 走査線を得るための時間は1msecである。

(その時間のほぼ90%を電荷を累積するために使用し、残りの10%を電荷の読み込み及びクリーニングのような他のオペレーションのために使用する。)即ち、累積時間は0.9msecであり、累積が1msec毎に開始する。

(3) 瞬間の電荷生成は、線形であり、放射照度はセンサにより受け取られる。

(4) LSAの実速度 $V(t)$ は、典型的には公称速度と1%よりも少なく変化する。速度誤差は振動となりやすいために、変動(バリエーション)はシノソイドの和としてモデル化され得る。分析するキー周波数は、ドキュメント空間においておよそ1サイクル(周波)/mmに対応する周波数である。これは、この周波数における目の高い感度のためである。ここで考えられる典型的なスキャナの場合、感度の時間的周波数は約(1サイクル/mm) \times (63.5mm/秒) \times (0.11023)、即ち7.0ヘルツとなる。

【0047】図5では、これらの特有のパラメータを用いて、ドキュメント上を通過する時の個々の光センサの均一なモーションを示す。図5の上のグラフの実線140は、積分間隔(integration intervals)(0-4)の始まりで光センサの視野(field of view)を表現し、破線142は、積分間隔の終わりで光センサの視野を表現する。各間隔が開始する時間は対応する光センササイト(位置)より低く示される(msec)。累積時間が0.9msecで、間隔の周期が1.0msecなので、各間隔の両端部で視野は重なる。これは、光センサが介在領域を露光しない場合に生じ得るエイリアシングアーチファクトの生成を回避するという望ましい特性である。更に、センサの視野下の全ポイントが等しく重み付けされることが考えられる。即ち、感度関数 $S(x)$ はドキュメント空間に63.5 μm の幅を有する矩形関数である。

【0048】LSA内の単一光センサ上に累積する電荷

は、1つの累積間隔中に横切られるドキュメントの領域と関連する領域サンプルを生成する。そのサンプルは、核 K 〔式(4)〕によって重み付けされた基本の放射照度分布の重み付き積分である。重みは放射照度分布上の各点の累積電荷への寄与を反映する。放射照度分布の点の寄与は、該点が光センサの移動視野に露出される時間の量として計算される。光センサ視野の両端部の点に対するより短い露光時間のために、領域サンプルの核の形は梯形であり、実際にはほぼ三角形である。これらの核は、図5の下部に示され、梯形の核が示された値を変化する例示的な走査位置(ミクロン)を有する。一定の走査速度だとすれば、各梯形の頂部は平面になる。静的視野が無限小に狭かったならば、核はスケール化された矩形関数となるであろう。

【0049】図5の下の方のグラフを参照すると、時間0において、光センサが0 μm に位置され、63.5 μm の視野に関して-31.75 μm と31.75 μm との間の走査線間隔を「見る」。LSA内の光センサが63.5 $\mu\text{m}/\text{msec}$ で原稿を横切るように走査方向に移動すると、光センサは観察された画像から生成される電荷を積分する。図示されるように、0.9msecの累積時間の終わりに、光センサは57.15 μm の位置に到達し、25.40 μm と88.90 μm の間に広がる視野を有する。この第1サンプルの累積電荷は、核 K と乗算された基本の放射照度分布の積分と等しい。視野が31.75 μm から95.25 μm に広がる累積が1msecで再び開始し、電荷がサンプルされる1.9msec間続く。従って、図5は、最初の4回の完全な累積間隔を示す。

【0050】画像復元

線形センサアレイ上の感光性サイトの動作について記載したので、次に注意を振動の存在下で走査された画像を再現するための方法に向ける。最初に、幾つかの簡便化仮定、及び不均一な速度の問題が建設的な解決をもたらすような方法で制約されることが可能となる画像モデルの描写、について記載する。なされたキーとなる仮定は静的な積分アパーチャ S が、動的な積分アパーチャ K が矩形関数に近似され得るほど十分に狭いということである。これは幾つかの物理的システムに関して合理的であり、最小の計算を必要とする画像復元方法を提供する。この場合、各領域のサンプルは、電荷累積時間中にわたる画像放射照度関数の重み付けされていない積分である。更に、累積時間とサンプリング時間は同じである、即ち電荷を読み込みまた消去するのに必要とされる時間はごくわずかな時間である($T_{\text{int}} \approx T_{\text{acc}}$)ということ仮定する。更に説明すると、図6(A)は、領域サンプル F_n の集合と基本の放射照度 H を示し、放射照度 H から領域サンプル F_n が生成される。均一なLSA速度の理想の場合では、一定の時間間隔 T で生成されたサンプルは、一定の空間間隔の H 下の領域と関係す

る。センサが不均一な速度で移動すると、例えば、図 6 (B) に示されるように、一定の時間間隔で生成されたサンプルは、不規則な空間間隔で H 下の領域と関係し、同一の入力値 H が異なる出力値 F、' をどのように生じるかは明白である。

【0051】本明細書中で請求される画像復元方法は、H が一定の空間間隔で再サンプリング（又は、より適切には再積分）されるように領域サンプルから基本の画像放射照度分布を推定する。瞬間 LSA 速度 $V(t)$ の正確な知識がある場合でさえ、不運にもこの問題は制約条件下にある。連続放射照度データをまばらな領域サンプルから推定することはできない。その理由はそれぞれの間隔下で同一の積分値を有する無限数の放射照度分布が存在するからである。発展のために、放射照度分布は線形スプライン（区分的線形関数）としてモデル化される。一定間隔（図 7 の H' ）においてのみ変化できる区分的線形セグメントから構成されるように H をモデル化することによって、不均一な間隔を定める所与の領域サンプル F_i と位置 X_i があれば H を正確に推定することが可能になる。実施では、間隔の大きさが小さい、例えば $6.3.5 \mu m$ であれば、H に対するこの区分的線形制約条件は不合理であり、対象の画像のクラスは連続トーンとなる。幾つかのマーキング方法及び印刷用紙のぼけ特性について考えると、ハーフトーンとテキストを区分的線形関数としてモデル化することもまた合理的である。区分的線形及び区分的な一定モデル（近似関数）に関して記載されたが、他の近似関数も働くことができる。

$$\begin{bmatrix}
 b_0 & c_0 & & & \\
 a_1 & b_1 & c_1 & & \\
 & a_2 & b_2 & c_2 & \\
 & & \bullet & \bullet & \\
 & & & \bullet & \bullet \\
 & & & & \bullet & \bullet \\
 & & & & a_{n-2} & b_{n-2} & c_{n-2} \\
 & & & & & a_{n-1} & b_{n-1}
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 y_0 \\
 y_1 \\
 y_2 \\
 \bullet \\
 \bullet \\
 \bullet \\
 y_{n-2} \\
 y_{n-1}
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 2F_0/W_0 \\
 2F_1/W_1 \\
 2F_2/W_2 \\
 \bullet \\
 \bullet \\
 \bullet \\
 2F_{n-2}/W_{n-2} \\
 2F_{n-1}/W_{n-1}
 \end{bmatrix}
 \quad (10)$$

【0055】要素 a_i 、 b_i 及び c_i はそれぞれ y_{i-1} 、 y_i 、 y_{i+1} の重みである。重みは既知の x_i と x_{i+1} の位置によって表現される。最初と最後の行 (row) は、境界条件の選択により影響を受ける。簡略化のために境界反復 (border replication) を選択して、画像領域の外側に置かれるピクセル値を決定する。即ち、 $y_{-1} = y_0$ と $y_n = y_{n-1}$ である。従って、追加の項 (c_{n-1}) が三重対角マトリックス K の最後の行に必要とされる場合、該項は b_{n-1} に加えられる。その理由は、それは、最後に反復されたピクセルの影響を反映するからである。

【0056】Y の制御点は、周知の領域サンプル F を三

一度、本明細書中に記載される一般的な近似関数方法が理解されれば、他の近似関数に関する代替表現を得ることは簡単であろう。

【0052】画像を復元する際の主なタスクは線形スプラインの制御点 Y、を再生することである。図 7 に示されるように、一度、制御点 Y、が決定されると、H を線形スプラインとして再構成することができ、領域サンプルはまた一定間隔で容易に計算され得る。このように理想のスキナの出力と一致する出力は画像処理ワークステーションによって生成され得る。従って、図 7 は画像放射照度分布 H とその線形スプライン近似 H' を示す。制御点 Y、（強調して示される）は、一定間隔 $X_i = V \cdot T_i$ にある (V は公称速度、 T_i はサンプリング周期)。

【0053】領域サンプル及び位置情報が一定時間間隔でスキナによって集められるが、1つの重要な仮定は、2つの連続的な LSA 領域サンプルが同一の線形スプラインセグメント中にあるか又は2つのセグメントにまたがるべきであるということである。例えば、図 8 は、最初の場合を示し、サンプル位置の両端 (X_A と X_B) が同一スプラインセグメント中にある。図 9 は2番目の場合を示し、領域サンプル ($X'_A - X'_B$) は2つのスプラインセグメントにまたがる。図 8 と図 9 に示された2つの場合を扱うと、集合表現は式 $KY = F$ の三重対角系 (tridiagonal system) を生じる。

【0054】

【数 7】

$$\begin{bmatrix}
 y_0 \\
 y_1 \\
 y_2 \\
 \bullet \\
 \bullet \\
 \bullet \\
 y_{n-2} \\
 y_{n-1}
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 2F_0/W_0 \\
 2F_1/W_1 \\
 2F_2/W_2 \\
 \bullet \\
 \bullet \\
 \bullet \\
 2F_{n-2}/W_{n-2} \\
 2F_{n-1}/W_{n-1}
 \end{bmatrix}
 \quad (10)$$

重対角マトリックス K の逆行列と乗算することによって求められる。即ち、 $Y = K^{-1}F$ である。三重対角マトリックス K の逆行列は、良く知られた方法を用いて線形時間で解くことができる有効な関数を有する。A と B の位置に関して先に記載された2つのケースが拡張され得ることに留意することは重要である。例えば、A と B は2つのスプラインセグメントよりもより広がることが考えられる。この緩い条件は、マトリックス K がもはや三重対角でない、即ち、より多くの非対角要素が非ゼロとなることを含意する。帯状対角線形系の式を解くための有効な方法は、下記に示され、核 K に対する梯形の形を処理するために使用される。

【0057】挙げられた2つの仮定の結果が上記に記載された三重対角系の式である。連続的なLSA位置は2つのスプラインセグメントよりも広がることはなく、LSA感度関数Sはインパルスとなる（即ち、核Kは矩形関数）。例の画像モデルの場合、この仮定は正当であると認められる。その理由は、不均一なLSA速度は概して公称速度の1%を越えないからである。一方、後者の仮定は概して真ではない。なぜならば、無限に狭い点のスプレッドファンクション（静的積分オーバーチャプ）は実現しにくいからである。図4で既に示されたように、Sは400dpiスキャナの場合、約1ドットサイズ、例えば63.5μmの視野を有する。Sは $X_{1..}$ とほぼ同じ幅を有するので、核Kは梯形であり、また三角形に

$$x_0 = x_A - w$$

$$x_1 = \text{MIN}(x_A + w, x_B - w)$$

$$x_2 = \text{MAX}(x_A + w, x_B - w)$$

$$x_3 = x_B + w$$

核Kは式(15)のように定義される

$$K(x) = K_0(x) + K_1(x) + K_2(x),$$

【0059】式中、 $K_i(x)$ は、図10に示されたものである。更に、図11は放射照度関数 H' に適用されるKを示す。

【0060】梯形間隔が1つのスプラインセグメント中にある場合及び1対のスプラインセグメントにまたがる場合を考えると、既に記載されたように制御点の値を求めることが可能になる。各領域サンプルは、実際には3つの寄与から構成される。即ち、梯形核Kの3つの間隔の各々からである。各梯形間隔は、それが1つ又は2つ

非常に近い。従って、図10は点 x_0 、 x_1 、 x_2 及び x_3 により範囲を定められた梯形の3つの間隔を示す。梯形がLSA位置 x_A 及び x_B を越えて延出するので、累積時間を広くすることに注意されたい。3つの梯形間隔の範囲を定める点は、各光センサの視野(FOV)により表現される。図4では、例えばFOV=1ドットサイズである。FOV=0は、SがインパルスでKが矩形関数である理想のケースに対応する。矩形Sは $S = \text{矩形}(x/\text{FOV})$ で記述され得る。 $w = \text{FOV}/2$ の場合、光センササイト x_A 及び x_B によって梯形制御点の下記式が決定され得る。

【0058】

【数8】

(11)

(12)

(13)

(14)

(15)

のスプラインセグメント中にあるか否かに依存し、制約を2つか3つの線形スプライン制御点にそれぞれ加える。3つの間隔は、各々3つの制御点の重複する集合を制約するので、各領域サンプルに寄与する5つの近隣点まで存在し得る。全体として、下記式(16)に示されるように五重対角系の式を生じる。

【0061】

【数9】

$$\begin{bmatrix} b_0 & c_0 & d_0 & e_0 & \\ a_1 & b_1 & c_1 & d_1 & e_1 \\ & \bullet & \bullet & \bullet & \\ & & \bullet & \bullet & \bullet \\ & & & \bullet & \bullet \\ & & & a_{n-4} & b_{n-4} & c_{n-4} & d_{n-4} & e_{n-4} \\ & & & & a_{n-3} & b_{n-3} & c_{n-3} & d_{n-3} \\ & & & & & a_{n-2} & b_{n-2} & c_{n-2} \\ & & & & & & a_{n-1} & b_{n-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_0 \\ y_1 \\ \bullet \\ \bullet \\ \bullet \\ y_{n-4} \\ y_{n-3} \\ y_{n-2} \\ y_{n-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_0 \\ F_1 \\ \bullet \\ \bullet \\ \bullet \\ F_{n-4} \\ F_{n-3} \\ F_{n-2} \\ F_{n-1} \end{bmatrix} \quad (16)$$

【0062】マトリックスは1つの部分対角要素と、3つの超対角要素とからなる。要素 a_i 、 b_i 、 c_i 、 d_i 及び e_i は y_{i-1} 、 y_i 、 y_{i+1} 、 y_{i+2} 及び y_{i+3} のそれぞれ重みである。それらは、既知の x_i 及び x_{i+1} により表される。

【0063】視野(FOV)が非0である時、光センサが境界に沿って配置される場合に画像境界を越えるピクセルが考慮されなければならない。FOVは、1ドットサイズと等しいかそれよりも少なくなるように制限され

るので、 y_{i-1} 又は y_i を越えてピクセルをアドレスすることは考慮する必要はない。しかし、これらの場合共に、ピクセル反復境界条件(pixel replication boundary condition)は $y_{i-1} = y_i$ 及び $y_i = y_{i+1}$ を得るために適用される。この境界条件は対角要素 b_{i-1} 、 d_{i-1} 及び c_{i-1} に反映される。画像の境界を越えてピクセルに適用するであろう欠けている a_{i-1} 、 e_{i-1} 及び d_{i-1} の項は b_{i-1} 、 d_{i-1} 及び c_{i-1} に戻るよう単に加えられなければならない。最終的に、制御点は、バンド対角

マトリックスに最適化された有効な下部三角-上部三角 (LU) 分解アルゴリズムを用いて、バンド対角系の式を解くことによって求められる。

【0064】本発明の上記記載は、動的な積分アプローチを説明するために矩形及び梯形の核を仮定する画像復元方法に焦点をあてた。これらの核は、点のスプレッドファンクションとLSA内の各要素のモーションぼけとの結合された影響を説明する。しかしながら、上記議論を通して維持された一つの仮定は、画像放射照度分布Hは、区分的線形モデル(図7参照)によって十分にモデル化され得るということである。五重対角系において求められる制御点は、線形スプラインの制御点である。Hに関してより滑らかな基本関数が所望される場合、該系の式において追加の制約条件が必要とされ、より広いバンドが期待されるであろう。

【0065】しかしながら、画像放射照度分布Hのより高いオーダーの近似は本発明では実際に望ましくない。直観的に、よりスムーズなモデルは、速いエッジ変化が過度のオーバーシュート又はエッジの不連続性に近いアンダーシュート無しにモデル化されないようにする。これは、周知のギブスの現象(Gibbs phenomenon)と同様であり、該現象は、不完全な周波数項(frequency terms)から成る集合(truncated set)を用いてフーリエ級数で信号を再構成する場合のエッジ付近のリングングを予見する現象である。例えば、図12を参照すると、F_n値としてステップエッジ(参照番号200)を考えると、

$$\frac{6F_{n0}}{W_n} = y_n(x_0^2 - 2x_1^2 + x_0x_1 - 3x_0 + 3x_1) + y_{n+1}(-x_0^2 + 2x_1^2 - x_0x_1) \quad (17a)$$

$$\frac{2F_{n1}}{W_n} = y_n(x_1^2 - x_2^2 + 2x_1 + 2x_2) + y_{n+1}(-x_1^2 + x_2^2) \quad (17b)$$

$$\frac{6F_{n2}}{W_n} = y_n(2x_2^2 - x_3^2 + x_2x_3 - 3x_2 + 3x_3) + y_{n+1}(-2x_2^2 + x_3^2 - x_2x_3) \quad (17c)$$

【0068】

【数11】

$$\frac{6F_{n0}}{W_n} = y_n((1-x_0)^2) + y_{n+1}((x_0+2)(1-x_0) + x_1(3-2x_1)) + y_{n+2}(2x_1^2) \quad (18a)$$

$$\frac{2F_{n1}}{W_n} = y_n((1-x_1)^2) + y_{n+1}(1-x_1^2 + (2-x_2)x_2) \quad (18b)$$

$$\frac{6F_{n2}}{W_n} = y_n(2(1-x_2)^2) + y_{n+1}((2x_2+1)(1-x_2) + x_3(3-x_3)) + y_{n+2}(x_3^2) \quad (18c)$$

【0069】梯形間隔が1スプラインセグメント中にある時の各領域サンプルの寄与に関する式は、下記式(19a)～(19c)に示される。

【0070】

【数12】

振動202は、エッジを左から右へ横切った後に存在する。カーブの各セグメント下の領域は、再構成された放射照度関数H'によって満たされたままであるが、同時に積分が演算シフトである間隔として、振動がシステム中に導入される場合に問題が発生する。このような場合、再構成画像データは積分間隔をシフトするためよりもむしろ基礎モデルのために過度のリングングを有することが期待される。Hに関するよりスムーズなモデルは問題を改良しない。従って、区分的一定近似(piecewise constant approximation)の影響について考えることが必要になる。このアプローチの利点は、不連続性が容易に処理されるということである。テキスト及びハーフトーン画像は主にステップエッジ(付近)から構成されるので、これは重要な考察である。更に区分的一定間隔は単一のドットサイズに限定される。

【0066】図12を参照すると、Hに合う区分的一定近似は、実線で示されるようにステップエッジに特によく適合する。代入を平易にすることによって、式(17a)～(17c)(1スプラインにつき1つの梯形)及び式(18a)～(18c)(複数のスプラインセグメントにまたがる梯形)の領域サンプルによって未知制御点に対して置かれた制約条件に関する式を得ることができる。

【0067】

【数10】

$$\frac{2F_{n0}}{W_n} = y_n(x_1 - x_0) \quad (19a)$$

$$\frac{F_{n1}}{W_n} = y_n(x_2 - x_1) \quad (19b)$$

$$\frac{2F_{n2}}{W_n} = y_n(x_3 - x_2) \quad (19c)$$

【0071】梯形間隔が2スプラインセグメントに跨がる時の各領域サンプルの寄与に関する式は、下記式(20a)～(20c)に示される。

[0 0 7 2]

[数 1 3]

$$\frac{2F_{n0}}{W_n} = y_n(1-x_0) + y_{n+1}(x_1) \quad (20a)$$

$$\frac{F_{n1}}{W_n} = y_n(1-x_1) + y_{n+1}(x_2) \quad (20b)$$

$$\frac{2F_{n2}}{W_n} = y_n(1-x_2) + y_{n+1}(x_3) \quad (20c)$$

[0 0 7 3] 復元処理の数理的な基礎について記載したので、次に、記載された方法を実現し、振動の存在下で走査された画像を復元するための詳細を、図 1 3 のフローチャートに示す。本発明の発展は、歪みモデルとシュミレートされた走査処理(simulated scanning process)に基づき、本発明の方法が振動歪みを有するデジタル化方法によって生成された画像の補正又は再構成に特定の適用性を有することが確立された。該方法は概して、図 1 3 のフローチャートに関して説明される 3 つのサブプロセス、即ち、(a) 線形センサアレイの瞬間速度を特徴付けること(240)、(b) 基礎となる放射照度分布の区分多項式モデル(piecewise polynomial model)を再構成すること(242)、及び(c) 再構成画像を理想の走査条件下で再サンプリングして、復元出力を生成すること(244)、から構成される。

[0 0 7 4] 劣化画像を復元させるための該方法への入力値であるパラメータは：積分時間 T_{int} 、光センサの視野 FOV、及び時間の関数 (dx/dt) として走査アレイの位置を監視するために使用される位置/速度センサ(エンコーダー) 94 によって提供された速度 $V(t)$ を含む。図 1 3 のステップ 248 及び 250 でそれぞれ説明されるように、これらの入力値は得られてメモリ内に格納される。公称速度を正規化して、積分距離 X_{int} の累積時間 T_{int} に対する等式が可能になる。更に、全振幅を公称速度の割合として表現することができる。あるものはスキャナによって提供された入力データから、またあるものは事前定義値として、これらのパラメータが一度決定されると、図 2 の画像処理システムは、図示されたように行われる。

[0 0 7 5] 不均一な速度で移動する LSA によって劣化された領域サンプルは、入力画像データ獲得ステップ 248 と格納ステップ 250 の部分のように収集されて、画像処理メモリ中に格納される。各サンプル領域の評価は 3 ステージ、即ち梯形間隔毎に 1 回行われる。ステップ 252 によって計算され、また図 10 及び 11 に示されるように、式 (11) ~ (14) が計算されて、各累積スパンにおける間隔の範囲を定める 4 つの点を決定する。3 箇所の梯形間隔毎にエンドポイントをチェックし(ステップ 258)、それらが同一直線セグメント中にあるか、又は 2 つのセグメントにまたがるかを決定する(検査ステップ 260)。検査 260 の結果は、式 (17) 及び (19)、又は (18) 及び (2

0) が使用されることを決定し、各領域サンプルを制御点に関係づける。特に、同一間隔内に複数のエンドポイントを有するサンプルの場合、式 (17a) ~ (17c) を区分的線形モデルに使用し、また式 (19a) ~ (19c) を区分的一定表現に使用する(ステップ 264)。同様に、式 (18a) ~ (18c) は区分的線形表現としてセグメントにまたがるエンドポイントに使用され、また式 (20a) ~ (20c) は区分的一定表現に使用される(ステップ 266)。検査 260 及びその結果として得られるステップ 264 及び 266 における式の選択により、式 (16) に示された式 K のバンド対角系の行毎のマトリックス要素を計算することが可能になる(ステップ 270)。領域サンプル F とそれらの領域サンプルに関して計算された位置は、各間隔に対して 1 回、3 回の繰り返しが検査ステップ 272 によって制御された後、式 K のバンド対角系に挿入される。式 (16) の列毎のマトリックス要素の計算は、3 か所の梯形間隔の各々に対して補償する 3 フェーズで計算される。区分的線形スプラインの場合、式 (17a) ~ (17c) (同一内にある) 又は式 (18a) ~ (18c)

(またがっている) における項は、マトリックス要素中に累積される。これらの式における 2 と 6 の因数(ファクタ)は線形スプライン制御点に関する係数中にたたみ込まれる。このように、3 フェーズ後の総計により、 $(F_{i,0} + F_{i,1} + F_{i,2})/W_i$ 又は、単に F_i/W_i を直接列ベクトル F 中に格納することが可能になる(ステップ 254)。F は画像ライン毎に変化するが、K は同じままであるので、1 回だけ求められるべきであることに留意されたい。

[0 0 7 6] 次に、ステップ 276 は、 $KY=F$ の制御点 Y を求める。既に記載されたようにバンド対角マトリックスに最適化された LU 分解アルゴリズムを用いて、ステップ 276 で制御点 Y を求める。次に、「理想の条件」下のスキャナシュミレーション(又はより適切には積分)を Y に適用して復元された出力画像を生成する(ステップ 278)。理想の条件とは、単に、決定された制御点によって範囲を限定される均一なスプライン間隔の積分を示す。ステップ 280 の出力は、機械的振動のない場合にスキャナによって生成されたであろう画像データを表現する復元画像である。

[0 0 7 7] 次の処理は上記記載したように行われ、出力スキャナによって生成された各画像ラスタ中のピクセル毎に画像データを復元又は補正する。機械的な振動の衝撃が走査方向にだけ存在する一次元振動システムに関して記載されたが、本発明はまた有意な交差走査(走査方向に対して垂直)振動モーションを有するシステムで生成される画像を復元する際にも同様に適用性を有する。更に、本発明は区分的線形モデルと区分的一定モデルとの両方、即ち近似関数に関して記載されたが、本発明をこのような関数に限定することは意図されない。他

の近似関数もまた本明細書中に記載された同様の一般的な方法（手順）において作用するであろう。

【 0 0 7 8 】

【発明の効果】総括すると、本発明は機械的な振動の存在下で走査されたデジタル画像を復元又は補正することにより出力画像の品質を向上させるための方法及び装置に関する。原稿スキャナでは、プラテン上に配置された原稿に対して移動する線形センサは、公称走査速度の変化が観察されるような方法で走査される。スキャナが露光領域全体を走査すると、線形センサアレイ中の単一光センサの出力がセンサにより受け取られた積分放射照度に比例することを認識するので、センサアレイの振動性モーションが認められる時、露光領域の実際のサイズは時間的変化する。この変化や振動が輝度変動や幾何学的なひずみのようなアーチファクトを導くが、これは、本発明の方法により除去されるか又は著しく減少される。特に、センサ線形アレイの瞬間速度を使用して、放射照度分布の基礎の区分多項式モデルを再構成する。次にその再構成画像モデルを理想の走査条件下でサイサンプリングして復元出力を生成する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に従って処理するデジタル化画像を生成するために用いられるタイプのラスタ入力スキャナの概略図である。

【図 2】本発明による好適なラスタ入力スキャナと画像処理システムの概略ブロック図である。

【図 3】本発明に従って使用される画像処理システムの

様々な動作段階を示す一般化されたデータフローダイアグラムである。

【図 4】線形センサアレイ素子と画像放射照度に関して光センサの感度を距離の関数として示すグラフである。

【図 5】多重積分周期にわたって走査する時の線形センサアレイフォトサイトに対する積分サイトと核の図的表現である。

【図 6】（A）及び（B）は、それぞれ均一な及び不均一な光センサの速度下で取られた領域サンプルを示す。

【図 7】本発明に従って用いられる画像放射照度をモデル化するために使用される区分的線形近似を示す。

【図 8】本発明の実施の形態により扱われる同一間隔のサンプリングケースを示す。

【図 9】本発明の実施の形態により扱われる 2 つの間隔にまたがるサンプリングケースを示す。

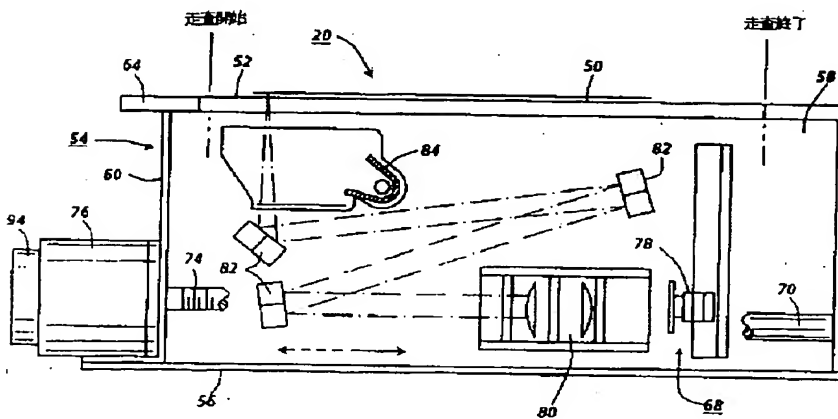
【図 10】本明細書で使用された再構成サンプリング方法において用いられる梯形型核の図を示す。

【図 11】本発明の方法に従ってデータをサンプリングするために用いられている図 10 の梯形核の図を示す。

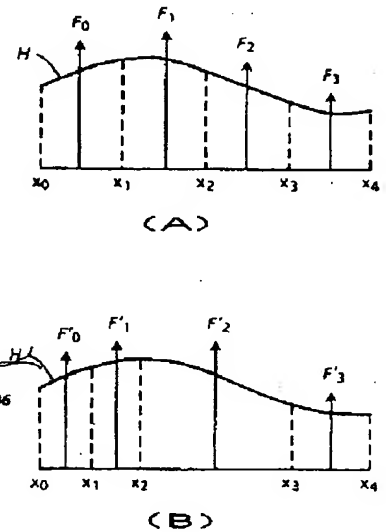
【図 12】画像の強度の突然変化が存在する時、区分的線形再構成によって生じるリングングの影響の図を示す。

【図 13】本発明に従って不均一条件下で得られた画像データを復元するように、図 2 の画像処理システムによって実行される個々の処理ステップを示すフローチャート。

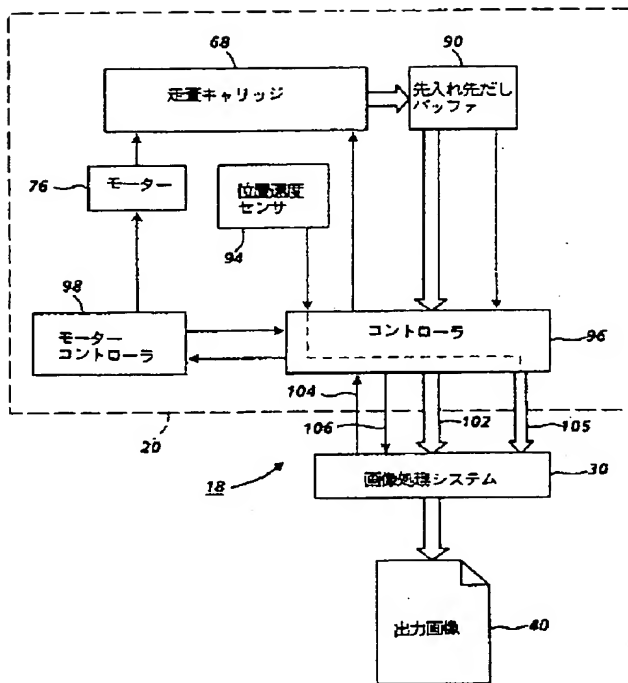
【図 1】



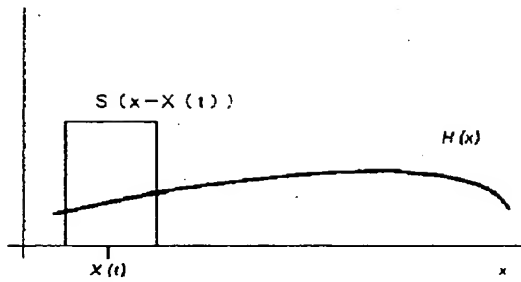
【図 6】



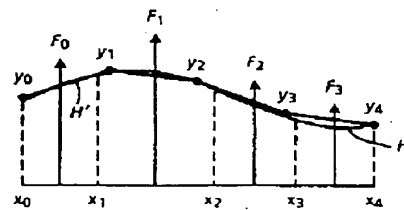
【図 2】



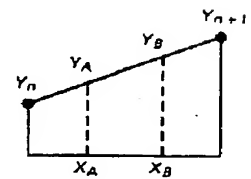
【図 4】



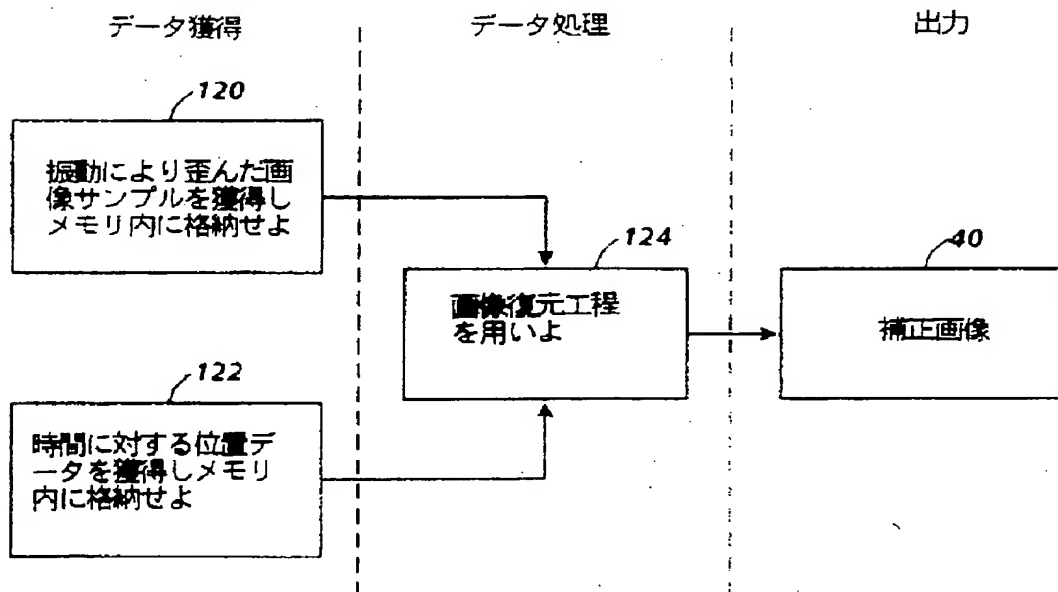
【図 7】



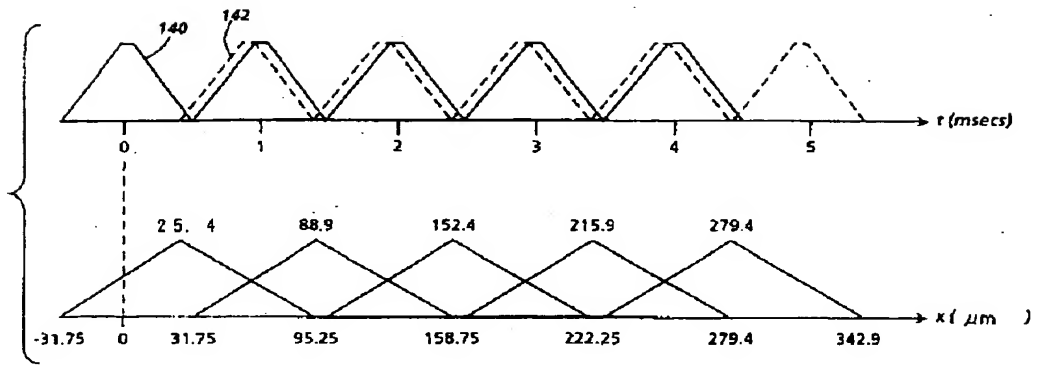
【図 8】



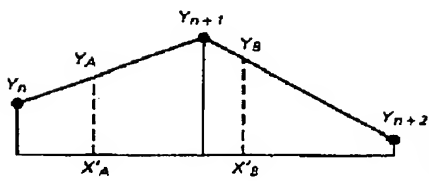
【図 3】



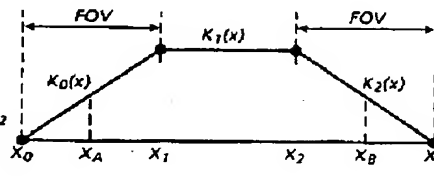
【 図 5 】



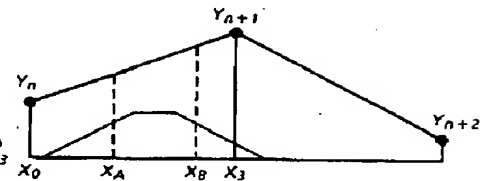
【 図 9 】



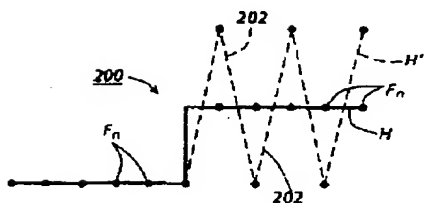
【 図 10 】



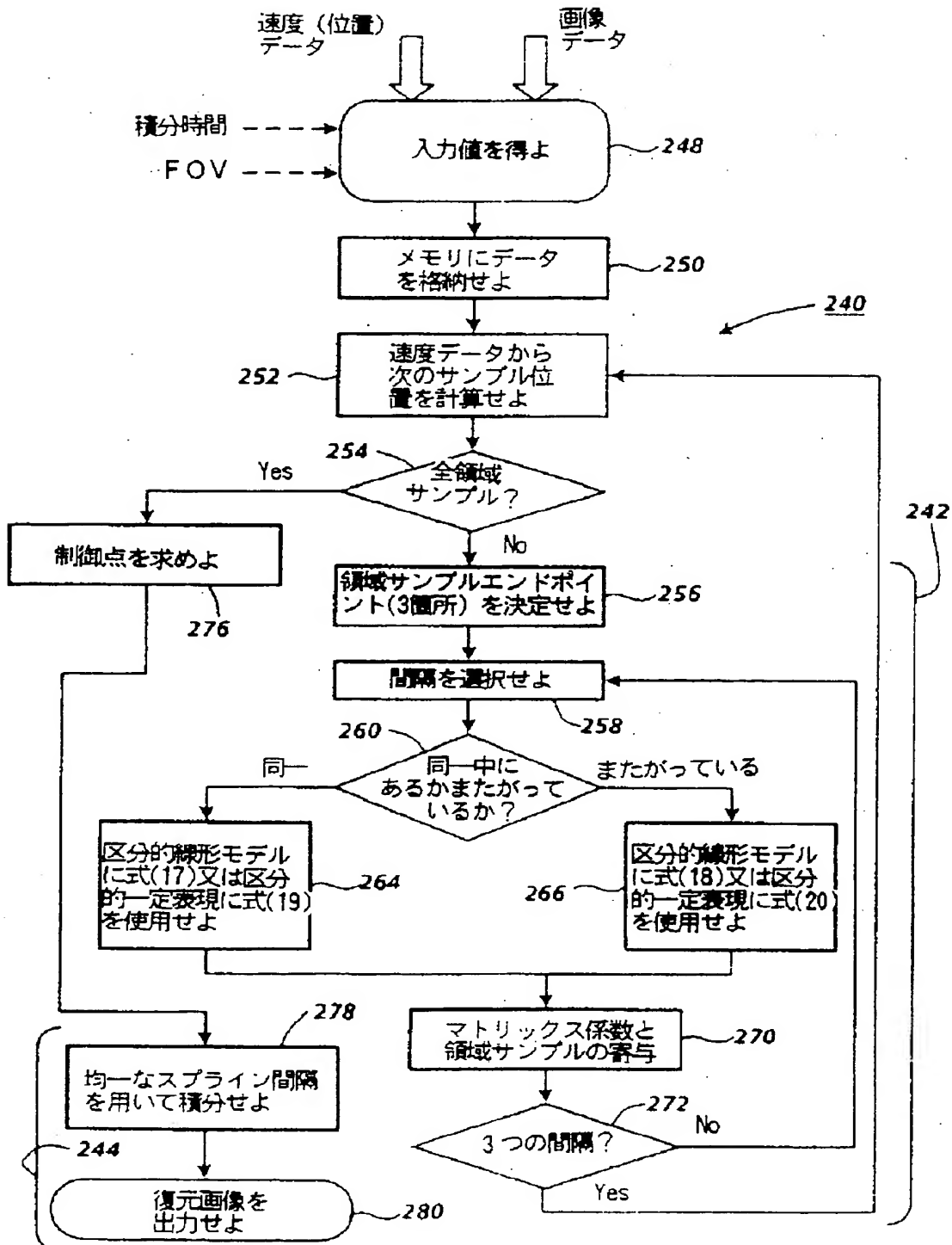
【 図 11 】



【 図 12 】



【図 13】



フロントページの続き

(72)発明者 ロバート ビー. ロス
アメリカ合衆国 1 4 5 8 0 ニューヨー
ク州 ウェブスター ストニー ポイント
トレイル 2 0 6